

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2021.08.020

降噪 PC/ABS 在汽车仪表板部件上的应用

陈磊¹, 史晓莹², 周中玉², 程发祥¹

[1. 吉利汽车研究院(宁波)有限公司, 浙江宁波 315002; 2. 上海锦湖日丽塑料有限公司, 上海 201100]

摘要:塑料零件在受到挤压摩擦时,容易发生粘滑现象,从而产生异响,目前汽车行业普遍采用的涂抹润滑油、消音水、粘贴无纺布类毛毡等措施增加了产品的生产周期与成本。针对上述情况,并基于吉利汽车标准,通过添加热塑性聚酯弹性体(TPEE)与聚碳酸酯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(PC/ABS)共混改性,研发出了一款具有优异降噪功能的PC/ABS材料,对比了降噪PC/ABS与普通PC/ABS的常规性能和降噪性能。结果表明,与普通PC/ABS相比,降噪PC/ABS的力学性能略有降低但保持了良好的耐刮擦性能、耐化学药品性以及耐光老化性能,而且具有更低的响度、更小的振动加速度以及更低的异响风险系数值,最终成功应用在多个车型的仪表板部件上,实现国产降噪材料的成功量产。

关键词:异响;聚碳酸酯/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料;降噪;汽车仪表板

中图分类号: TQ322.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2021)08-0119-04

Application of Noise Reduction PC/ABS in Automobile Instrument Panels

Chen Lei¹, Shi Xiaoying², Zhou Zhongyu², Cheng Faxiang¹

[1. Geely Automobile Research Institute (Ningbo) Co., Ltd., Ningbo 315002, China; 2. Shanghai Kumho Sunny Plastic Co., Ltd., Shanghai 201100, China]

Abstract: The plastic parts which are subjected to squeeze and friction are prone to stick-slip, resulting into the abnormal noise. At present, measures such as applying lubricating oil, silencer water, and sticking non-woven felts commonly used in the automotive industry increase undoubtedly the production cycle and cost. In response to the above situation, and based on Geely automobile standards, a polycarbonate (PC)/acrylonitrile-butadiene-styrene plastic (ABS) with the function of excellent noise reduction was prepared by blending the thermoplastic polyester elastomer (TPEE) with PC/ABS, the conventional performances and noise reduction performances of the noise reduction PC/ABS and ordinary PC/ABS were compared. The results show that, compared with ordinary PC/ABS, the mechanical properties of the noise reduction PC/ABS decrease slightly, but good scratch resistance, chemical resistance and light aging resistance are kept, moreover, the noise reduction PC/ABS possesses lower loudness, smaller vibration acceleration and lower abnormal noise risk priority number value, which is applied to the instrument panels of many automotive models, and realizes the successful mass production of domestic noise reduction materials.

Keywords: abnormal noise; polycarbonate/acrylonitrile-butadiene-styrene plastic; noise reduction; instrument panel

聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)合金具有易加工、韧性好、耐应力开裂、耐候性好等优点,广泛应用于汽车及其它行业^[1-3]。但是,使用PC/ABS材料的零件在发动机行驶振动或受到外力挤压作用时,容易产生“吱吱”的异响声。这种异响声可能来自于塑料制件之间的摩擦,也可能来自塑料件与皮革件、电镀件等之间的摩擦^[4]。零件受到外力时,发生了粘滑现象,塑料件由相粘的静

摩擦状态转变为滑动接触,并且此过程有能量释放,粘滑循环发生导致材料振动产生异响^[5-6]。

阻尼性能是指固体机械振动能转变为热能的能力,主要用于振动和噪声控制^[7-9]。材料的阻尼性能越好,说明摩擦功转化为内能越多,材料异响越小。高分子材料的阻尼作用机理与其自身的动态松弛性质有关。当高分子材料受到交变应力的作用时,由于链段运动时受到内摩擦作用,形变通常落后于

通信作者: 周中玉, 硕士, 主要从事工程塑料功能化改性及加工应用

收稿日期: 2021-05-12

引用格式: 陈磊, 史晓莹, 周中玉, 等. 降噪 PC/ABS 在汽车仪表板部件上的应用[J]. 工程塑料应用, 2021, 49(8): 119-122, 134.

Chen Lei, Shi Xiaoying, Zhou Zhongyu, et al. Application of noise reduction PC/ABS in automobile instrument panels[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(8): 119-122, 134.

应力的变化,产生一个相位差滞后角,这种现象称为滞后现象^[10-12]。由阻尼产生的机理可知,能够增大分子内摩擦的因素便可提高材料的阻尼性能。

吉利汽车通过易产生异响的零部件研究发现,容易产生异响的主要原因见表1。

表1 汽车零部件的异响分析

影响因素	导致异响的可能原因
造型设计	为实现造型的时尚效果,电镀件及喷漆件较多,零件分块太多,增加了零件安装配合结构,增加了异响风险
材料匹配性	为了实现造型效果不得不选用一些不同材质的材料,摩擦产生异响
紧固形式	部分结构受空间限制,不能采用螺栓或焊接的形式,只能采用卡接结构,易产生卡接不牢松动异响
结构强度	受空间限制,结构没法做加强结构,强度弱,按压摩擦异响
限位	配合零件多,装配误差大,限位不足或紧固点不足,配合松动按压异响

现阶段,主机厂主要是通过接触部位增加毛毡阻隔、涂覆润滑油、使用橡胶衬垫等措施解决制件的摩擦异响^[13-17],但是这不仅增加了人工成本,而且延长了产品的生产周期。因此,降噪改性成为了塑料改性厂商关注的焦点^[17]。余滕山等^[18]通过引入马来酸酐接枝的聚氨酯树脂对ABS进行共混改性获得了高阻尼降噪材料;J. Rojsatean等^[19]发现乙撑双硬脂酰胺(EBS)和乙烯-辛烯共聚物(POE)的加入也能够有效地改善ABS的粘滑倾向。卢焕青^[20]发现热塑性聚酯弹性体(TPEE)兼具橡胶优良的弹性和热塑性塑料的易加工性及良好的声阻性能。但是,目前国内还没有能实现稳定量产的TPEE改性PC/ABS降噪材料。基于此,吉利汽车与锦湖日丽合作从改善材料阻尼性能和摩擦系数角度出发,通过材料研发与零件验证,最终将降噪PC/ABS合金成功应用于吉利多款车型的仪表板上。

1 实验部分

1.1 主要原料

PC:7025J,日本三菱化学公司;

ABS:8434,中国石化高桥石化公司;

抗氧剂1010、抗氧剂168:瑞士汽巴(Ciba)精细化工有限公司;

季戊四醇硬脂酸酯(PETS):意大利FACI公司;

TPEE:TX506,中国石化仪征化纤股份有限公司。

1.2 主要仪器与设备

双螺杆挤出机:CET35型,长径比为44:1,科倍隆(南京)机械有限公司;

塑料注射成型机:JM138-AI-SVP/2型,震雄机械(深圳)有限公司;

密度仪:GR-200型,日本A&D公司;

电子万能拉伸试验机:Z010型,德国Zwick Roell集团;

摆锤冲击试验机:HIT25P型,德国Zwick Roell集团;

热变形维卡试验机:IC 6+型,德国Coesfeld公司;

刮擦仪:ERICHSEN430P型,德国仪力信公司;

氙灯老化试验机:CI 3000型,美国Atlas有限公司。

1.3 试样制备

降噪PC/ABS:将PC、ABS、TPEE及抗氧剂和润滑剂PETS按照质量比65/27/8/0.5/0.5进行混合(抗氧剂1010与168质量比为1/1,下同;小试实验中,当TPEE用量低于8份时其对材料的降噪效果不大,而当TPEE用量高于8份时会影响相容性从而影响材料冲击性能),然后在双螺杆挤出机上进行熔融挤出造粒。挤出机的温度为200~250℃,螺杆转速为350 r/min,相对真空度为-0.09 MPa;将所制得材料在100℃下干燥4 h,然后注塑成样板(140 mm×90 mm×3 mm),其中注塑温度为250℃,注塑压力为80 MPa,成型周期为50 s。

普通PC/ABS:将PC、ABS、抗氧剂和润滑剂按照质量比65/35/0.5/0.5混合,其余步骤同上。

1.4 性能测试

(1) 常规性能测试。

密度按GB/T 1033.1-2008测试;

拉伸强度按GB/T 1040.1-2018测试,拉伸速率为50 mm/min;

弯曲强度与弯曲弹性模量按GB/T 9341-2018测试,弯曲速率为2 mm/min;

悬臂梁缺口冲击强度按GB/T 1843-2008测试,摆锤能量为4 J;

维卡软化温度(B50法)按GB/T 1633-2000测试;

耐化学药品性按Q/JLY J711028E-2019测试;

耐刮擦性能按Q/JLY J7110536C-2019测试;

耐光老化性能按Q/JLY J7110279B-2014测试。

(2) 摩擦异响试验。

摩擦异响试验设备为锦湖日丽自行搭建,具体实验条件及参数见文献[4],设计的工装结构如图1所示^[4]。压头和样板之间摩擦时易产生典型的粘滑现象从而产生振动和噪音。将振动传感器粘贴在摩擦压头上采集摩擦过程中产生的振动参数,即振动

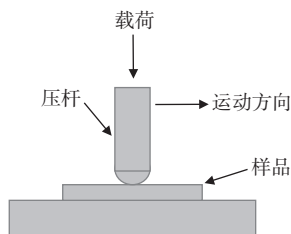


图1 摩擦异响试验工装结构图

加速度;声音传感器距待测样板 5 cm 采集声音参数,即人耳响度。

(3) 异响测试。

根据标准 VDA230-206-2005 测试异响的风险系数 (RPN)。待测样品与摩擦副的接触面积为 1250 mm²,滑动距离固定为 50 mm,滑动速度为 1 mm/s 和 4 mm/s,负载为 10 N 和 40 N。测试前将样品在温度 (23 ± 2) °C,相对湿度 (50 ± 5)% 环境中调节 24 h 以上。

(4) 零部件试验。

用普通 PC/ABS 和降噪 PC/ABS 分别注塑成如表 2 中的部件进行异响对比验证,由 7 人进行评级取众数。其中评级为 1 级代表无异响,2 级代表轻微异响,3 级代表异响较重,4 级代表异响严重。

表 2 零部件异响验证

车型	零部件	验证方式
车型 A	副仪表板面板	车辆在崎岖道路上进行路试验证
车型 A	副仪表板面板	车辆过减速带验证
车型 B	仪表板装饰条	9 月份车辆在太阳暴晒后按压
车型 B	中控台	9 月份车辆在太阳暴晒后开空调验证

2 结果与讨论

2.1 降噪 PC/ABS 与普通 PC/ABS 的常规性能对比

表 3 列出降噪 PC/ABS 与普通 PC/ABS 常规性能的对比。由表 3 可以看出,降噪改性后的 PC/ABS 在刚性方面 (拉伸强度、弯曲强度和弯曲弹性模量) 略有下降,这是因为 TPEE 弹性体分子链的

表 3 降噪 PC/ABS 与普通 PC/ABS 的常规性能对比

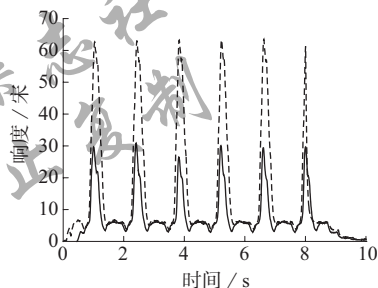
测试项目	标准要求	普通 PC/ABS	降噪 PC/ABS
密度 / (g · cm ⁻³)	1.12 ± 0.02	1.13	1.12
拉伸强度 / MPa	≥ 45	52	50
弯曲强度 / MPa	≥ 70	75	72
弯曲弹性模量 / MPa	/	2200	1900
缺口冲击强度 / (kJ · m ⁻²)	≥ 40	48	45
维卡软化温度 / °C	≥ 116	120	119
耐化学药品性	无溶剂、膨胀、变形变色现象等	无溶剂、膨胀、变形变色现象等	无溶剂、膨胀、变形变色现象等
耐刮擦性能	ΔL ¹⁾ ≤ 1.5	ΔL=0.2	ΔL=0.2
耐光老化性能	灰度 ≥ 4 级	4 级	4 级

注: 1) ΔL 为刮擦前后明暗度差值。

柔性链段可以有效增大分子内摩擦,从而降低材料刚性、增强材料的阻尼性能。缺口冲击强度的小幅减小可能归因于 TPEE 的加入一定程度降低了 PC 与 ABS 之间的相容性。另外,改性后的 PC/ABS 在耐化学药品性、耐刮擦性能、耐光老化性能等方面与普通 PC/ABS 相媲美,均能达到汽车内饰的行业标准。总体来看,两种材料的常规性能差别较小。

2.2 人耳响度结果分析

响度又称音量,单位为宋,它是人对声音大小的主观感觉量。其大小决定于声音接收处的波幅,表示人耳对声音的直观感受。图 2 是不同 PC/ABS 材料的响度随摩擦时间的变化曲线,可以看出,降噪改性的 PC/ABS 在摩擦过程中产生的响度 (30 宋) 远低于普通 PC/ABS (62 宋),这体现出了其优异的降噪效果。

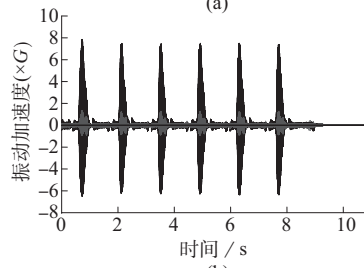
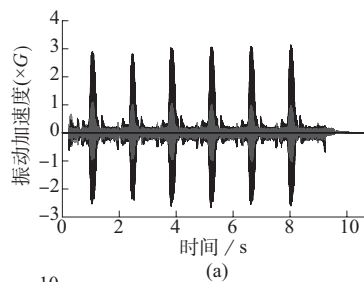


--- 普通PC/ABS; — 降噪PC/ABS

图2 不同 PC/ABS 材料的响度随摩擦时间的变化曲线

2.3 振动加速度分析

声音伴随着振动,频率越高,振动越剧烈,意味着制件接触时产生异响的风险越大。图 3 是不同 PC/ABS 材料的振动加速度随着摩擦时间的变化



a—降噪 PC/ABS; b—普通 PC/ABS

G——重力加速度,9.8 m/s²

图3 不同 PC/ABS 材料的振动加速度随摩擦时间的变化曲线

曲线,可以看出降噪 PC/ABS 在摩擦过程中的加速度远低于常规 PC/ABS,进一步验证了改性 PC/ABS 优异的降噪性能。

2.4 异响 RPN 结果分析

RPN 是事件发生的频率、严重程度和检测等级三者的乘积,被称为风险系数或风险顺序数,其数值越大说明潜在问题越严重。一般认为,当 RPN=1~3,材料发生异响的风险较小;当 RPN=4~5,材料存在中等异响的风险;当 RPN=6~10,材料存在较高的异响风险。不同 PC/ABS 材料的异响 RPN 数据见表 4。由表 4 可以看出,无论测试压力或者滑动速度如何,降噪改性 PC/ABS 都展示出极低的异响 RPN 值,该结果说明材料发生异响的风险较低。

表 4 不同 PC/ABS 材料的异响 RPN 数据

试样	测试压力 /N	滑动速度 / (mm · s ⁻¹)	异响 RPN 值
普通 PC/ABS	10	1	7
	10	4	5
	40	1	9
	40	4	7
降噪 PC/ABS	10	1	1
	10	4	1
	40	1	2
	40	4	1

2.5 零件试验结果

通过表 2 的零部件异响验证,得到普通 PC/ABS 和降噪 PC/ABS 的异响结果,见表 5。由表 5 可以看出,降噪改性的 PC/ABS 在太阳暴晒下经历按压或者开空调操作均无任何异响。在崎岖道路与减速带验证环节,与普通 PC/ABS 相比,改性 PC/ABS 也表现出了更加优异的降噪效果。

表 5 不同 PC/ABS 材料的异响验证结果

验证方式	普通 PC/ABS	降噪 PC/ABS
车辆在崎岖道路上进行路试验证	4 级	2 级
车辆过减速带验证	4 级	2 级
9 月份车辆在太阳暴晒后按压	3 级	1 级
9 月份车辆在太阳暴晒后开空调验证	3 级	1 级

3 结论

塑料零件在受到外力挤压时,容易发生粘滑现象,从而产生异响。通过共混改性方式研发出了一款降噪性能优异的 PC/ABS 合金材料。与传统的 PC/ABS 合金相比,它的拉伸强度、弯曲强度、弯曲弹性模量以及缺口冲击强度略有降低,但是都能满足仪表板部件的标准要求。值得关注的是,TPPE 的加入使得 PC/ABS 合金具有更低的响度、更小的振动加速度以及更低的异响 RPN 值,从而具有优异

的降噪效果,最终应用在多个车型的仪表板部件上,实现国产降噪材料的成功量产。

参考文献

- [1] Nishino K, Shindo Y, Takayama T, et al. Improvement of impact strength and hydrolytic stability of PC / ABS blend using reactive polymer[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2017, 134(19). doi:10.1002/app.44550.
- [2] Pham H T, Weckle C L, Ceraso J M. Rheology enhancement in PC / ABS blends[J]. Advanced Materials, 2000, 12(23):1 881-1 885.
- [3] Krache R, Debah I. Some mechanical and thermal properties of PC / ABS blends[J]. Materials Sciences and Applications, 2011, 2(5):404-410.
- [4] 郑樑,李俊杰,曹巍,等. 高分子材料的降噪性能评价方法 [J]. 工程塑料应用, 2020, 48(10):106-109.
Jia Liang, Li Junjie, Cao Wei, et al. Characterization method on noise reduction property of polymer materials[J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(10):106-109.
- [5] Yoshizawa H, Chen Y L, Israelachvili J. Fundamental mechanisms of interfacial friction. 1. Relation between adhesion and friction[J]. J Phys Chem, 1993, 97(16):4 128-4 140.
- [6] Yoshizawa H, Israelachvili J. Fundamental mechanisms of interfacial friction. 2. Stick-slip friction of spherical and chain molecules[J]. J Phys Chem, 1993, 97(43):11 300-11 313.
- [7] Zhao Jiang, Jiang Nan, Zhang Dongsheng, et al. Study on optimization of damping performance and damping temperature range of silicone rubber by polyborosiloxane gel[J]. Polymers, 2020, 12. doi:10.3390/polym12051196.
- [8] Doddi P R V, Chanamala R, Dora S P. Investigations on the Influence of Laminate Angle on the Damping Performance of Cross-ply Natural Composites[J]. Journal of Materials Engineering and Performance, 2021, 30(2):1 039-1 045.
- [9] Hu Yong, Bu Siqu, Zhang Xin, et al. Connection between damping torque analysis and energy flow analysis in damping performance evaluation for electromechanical oscillations in power systems[J]. Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2021. doi: 10.35833/MPCE.2020.000413.
- [10] 张少实. 复合材料与黏弹性力学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011:136-147.
Zhang Shaoshi. Composite materials and viscoelastic mechanics[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2011:136-147.
- [11] 何平笙. 高聚物的力学性能 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2008:39-50.
He Pingsheng. The mechanical properties of polymer[M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 2008:39-50.
- [12] 朱振华,邵宇,王俊,等. 交变载荷下 PP / SSFs 复合材料导电性 [J]. 工程塑料应用, 2017, 45(7):8-12.

(下转第 134 页)

- polymer composite hybrid armour[J]. *Ordnance Material Science and Engineering*, 2020, 43(5):128-136.
- [6] 肖文莹,郭万涛,李想. 超高分子量聚乙烯纤维增强防弹复合材料研究进展[J]. *材料开发与应用*, 2019, 34(2):131-138.
- Xiao Wenying, Guo Wantao, Li Xiang. The progress of UHMWPE fiber-reinforced ballistic composites[J]. *Development and Application of Materials*, 2019, 34(2):131-138.
- [7] 肖文莹,李想,郭万涛,等. Kevlar/UHMWPE 混杂纤维复合材料抗弹性能[J]. *玻璃钢/复合材料*, 2019(9):79-84.
- Xiao Wenying, Li Xiang, Guo Wantao, et al. Resistance performance of Kevlar/UHMWPE fiber hybrid composites[J]. *Fiber Reinforced Plastics/Composites*, 2019(9):79-84.
- [8] 陈鑫,马士东,刘升辉. 基于 ABAQUS 碳纤维树脂基复合材料抗冲击性能研究[J]. *科技风*, 2019(2):194-195.
- Chen Xin, Ma Shidong, Liu Shenghui. Research on the impact resistance of carbon fiber reinforced resin matrix composites based on ABAQUS[J]. *Technology Wind*, 2019(2):194-195.
- [9] 杨莹雪,张秀芹,杨丹,等. 纤维增强复合材料防弹头盔壳体的研究进展[J]. *北京服装学院学报:自然科学版*, 2019, 39(3):93-100.
- Yang Yingxue, Zhang Xiuqin, Yang Dan, et al. Review on the development of fiber reinforced composites for military helmet shells[J]. *Journal of Beijing Institute of Clothing Technology: Natural Science Edition*, 2019, 39(3):93-100.
- [10] 杨杰,邱日祥,胡志昂. 防弹玻璃动态力学响应规律及抗弹性能研究[J]. *兵器材料科学与工程*, 2013, 36(3):60-62, 63.
- Yang Jie, Qiu Rixiang, Hu Zhi'ang. Dynamic mechanical response and anti-bullet property of bulletproof glass[J]. *Ordnance Material Science and Engineering*, 2013, 36(03):60-62, 63.
- [11] 陈宇宏,厉蕾. 轻型防弹玻璃的结构研究[J]. *材料工程*, 2002, 30(6):7-9, 36.
- Chen Yuhong, Li Lei. Study on the structure of lightweight bulletproof glass[J]. *Journal of Materials Engineering*, 2002, 30(6):7-9, 36.
- [12] 刘正. 不同聚碳酸酯(PC)层合结构对防弹玻璃性能影响的研究[J]. *玻璃与搪瓷*, 2016, 44(1):14-19, 36.
- Liu Zheng. Effects of polycarbonate laminated structure on the performance of bulletproof glass[J]. *Glass & Enamel*, 2016, 44(1):14-19, 36.
- [13] 周庆,何业茂,刘婷. 对位芳香族聚酰胺纤维/环氧树脂复合材料防弹性能及其破坏机制[J]. *复合材料学报*, 2019, 36(10):2235-2246.
- Zhou Qing, He Yemao, Liu Ting. Bulletproof properties and failure mechanism of para-aromatic polyamide fiber/epoxy resin composite[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2019, 36(10):2235-2246.
- [14] 周庆,何业茂,刘婷. 层间混杂复合材料装甲板防弹性能及其防弹机制[J]. *复合材料学报*, 2019, 36(4):837-847.
- Zhou Qing, He Yemao, Liu Ting. Bulletproof performance and bulletproof mechanism of interlaminar hybrid composite armor plate[J]. *Acta Materiae Compositae Sinica*, 2019, 36(4):837-847.
- [15] 吕文敏,王光华,金永喜,等. 枪弹穿甲后效破片对典型防弹衣侵彻毁伤特性试验研究[J]. *兵工学报*, 2019, 40(11):2378-2384.
- Yan Wenmin, Wang Guanghua, Jin Yongxi, et al. Experimental investigation on the damage characteristics of typical body armor by the after-effect fragments of bullet[J]. *Acta Armamentarii*, 2019, 40(11):2378-2384.
- [16] 江文杰,孙成武. 某车型汽车座椅异响问题的研究与解决[J]. *机械制造*, 2016(4):44-46.
- Jiang Wenjie, Sun Chengwu. Research and solution of abnormal sound of a car seat[J]. *Machinery*, 2016(4):44-46.
- [17] 李俊杰,王金,周霆. ABS材料粘滑现象改善[J]. *工程塑料应用*, 2020, 48(8):41-45.
- Li Junjie, Wang Jin, Zhou Ting. Improvement of stick-slip phenomenon of ABS materials[J]. *Engineering Plastics Application*, 2020, 48(8):41-45.
- [18] 余滕山,李文龙,孙付宇,等. 一种高阻尼降噪 ABS 树脂组合物:CN107177156A[P]. 2017-09-19.
- Yu Mengshan, Li Wenlong, Sun Fuyu, et al. A high damping noise reduction ABS resin composition:CN107177156A[P]. 2017-09-19.
- [19] Rojsatean J, Larpsuriyakul P, Prakymoramas N, et al. Friction characteristics of self-lubricating ABS under different surface roughnesses and temperatures[J]. *Tribology International*, 2017, 109:229-237.
- [20] 卢焕青. 热塑性弹性体制备及声音阻隔材料研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2017.
- Lu Huanqing. Study on the thermoplastic elastomer and sound barrier[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2017.

(上接第 122 页)

Zhu Zhenhua, Shao Yu, Wang Jun, et al. Electrical conductivity of PP/SSFs composites under alternate loading[J]. *Engineering Plastics Application*, 2017, 45(7):8-12.

- [13] 蒋永敏. 浅析汽车的吸音隔音材料[J]. *中国包装工业*, 2014(2):9-10.

Jiang Yongmin. Analysis of the sound-absorbing and sound-proof materials in automobile[J]. *China Packaging Industry*, 2014(2):9-10.

- [14] 仇文波. 一款微型轿车前门玻璃升降器异响问题的改善[J]. *汽车工艺与材料*, 2015(11):10-16.

Qiu Wenbo. An improvement for noisy issue of front regulator of mini passenger vehicle[J]. *Automobile Technology & Material*, 2015(11):10-16.

- [15] 蒋雄,邱德平. 汽车内饰塑料件 NVH 异响改善[J]. *汽车工程师*, 2018(4):31-34, 37.

Jiang Xiong, Qiu Deping. Improvement of the acoustic performance of vehicle plastic interior parts[J]. *Auto Engineer*, 2018(4):31-34, 37.

- [16] 江文杰,孙成武. 某车型汽车座椅异响问题的研究与解决[J].